

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/003802

International filing date: 28 February 2005 (28.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-050798
Filing date: 26 February 2004 (26.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 March 2005 (17.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

28.2.2005

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 2 月 2 6 日
Date of Application:

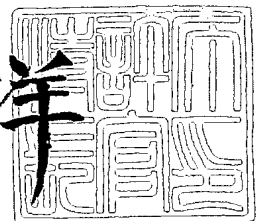
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 5 0 7 9 8
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 4 - 0 5 0 7 9 8]

出 願 人
Applicant(s): 日本電気株式会社
 古河電気工業株式会社

2 0 0 5 年 2 月 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 33410018
【提出日】 平成16年 2月26日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 33/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 中山 達峰
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 安藤 裕二
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 宮本 広信
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 葛原 正明
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 岡本 康宏
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 井上 隆
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 古河電気工業株式会社内
 【氏名】 幡谷 耕二
【特許出願人】
 【識別番号】 000004237
 【氏名又は名称】 日本電気株式会社
【特許出願人】
 【識別番号】 000005290
 【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100071272
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 後藤 洋介
【選任した代理人】
 【識別番号】 100077838
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 池田 憲保
【国等の委託研究の成果に係る記載事項】 国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成
1 5 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構からの委託研究「
窒化物半導体を用いた低電力型高周波デバイスの開発」、産業活
力再生特別措置法 3 0 条の適用を受けるもの）
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 012416
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0018587

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

窒化物半導体を有する窒化物半導体装置のオーム性電極構造において、
窒化物半導体上に形成された第 1 の金属膜と、
第 1 の金属膜上に形成された第 2 の金属膜とを有し、
第 1 の金属膜は、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr から成る
グループの中から選ばれた少なくとも一つの材料で構成され、
第 2 の金属膜は、第 1 の金属膜と異なる、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Au から成るグループの中から選ばれた少なくとも一つの材料で構成されていることを特徴とする窒化物半導体装置の電極構造。

【請求項 2】

前記窒化物半導体は、GaN、AlN、InN 及びその混合物を主成分とする半導体であることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体装置の電極構造。

【請求項 3】

前記第 1 の金属膜と前記窒化物半導体の間には、Si 層が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の窒化物半導体装置の電極構造。

【請求項 4】

前記 Si 層は、前記窒化物半導体に対して n 型ドーパントとして作用することを特徴とする請求項 3 に記載の窒化物半導体装置の電極構造。

【請求項 5】

窒化物半導体を有する窒化物半導体装置のオーム性電極構造において、
窒化物半導体上に形成された第 1 の金属膜と、
第 1 の金属膜上に形成された第 2 の金属膜と、
第 2 の金属膜上に形成された第 3 の金属膜とを有し、
第 1 の金属膜は、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr から成る
グループの中から選ばれた少なくとも一つの材料で構成され、
第 2 の金属膜は、第 1 の金属膜と異なる、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Au から成るグループの中から選ばれた少なくとも一つの材料で構成され、
第 3 の金属膜は、第 2 の金属膜と異なる、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Au から成るグループの中から選ばれた少なくとも一つの材料で構成されていることを特徴とする窒化物半導体装置の電極構造。

【請求項 6】

前記窒化物半導体は、GaN、AlN、InN 及びその混合物を主成分とする半導体であることを特徴とする請求項 5 に記載の窒化物半導体装置の電極構造。

【請求項 7】

前記第 1 の金属膜と前記窒化物半導体の間には、Si 層が形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の窒化物半導体装置の電極構造。

【請求項 8】

前記 Si 層は、前記窒化物半導体に対して n 型ドーパントとして作用することを特徴とする請求項 7 に記載の窒化物半導体装置の電極構造。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 窒化物半導体装置のオーム性電極構造

【技術分野】

【0001】

本発明は、窒化物半導体装置のオーム性電極構造に関し、特に、窒化物半導体を用いた素子、例えば、発光ダイオード、レーザーダイオード、ショットキダイオード、電界効果トランジスタ、バイポーラトランジスタなどに用いることが可能な窒化物半導体装置のオーム性電極構造に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の AlGaIn/GaN HJFET 構造においては、特許文献 1 に示されているように、 Ti/Al がオーム性電極材料として用いられている。このように、電極材料として Al を用いることで、室温における窒化物半導体との接触抵抗が低くなる。

【0003】

【特許文献 1】 特開平 7-45867 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、電極材料に Al を用いた場合、 Al の融点が 660°C と低く、また、大気中の酸素と反応しやすい、反応性が高く他の金属と共晶合金を作りやすいなどの理由から、高温動作時もしくは高温保管時に表面形状が変化するという問題があった。

【0005】

また、接触抵抗の経時変化が大きく、室温で低接触抵抗が得られていても、動作中に時間と共に接触抵抗が悪化するという問題があった。

【0006】

さらに、例えば、従来技術（特許文献 1）では、 Al と Ti が 300°C 付近の低温からゆっくり反応が進むため、高温動作時に徐々に電極が変化してしまい、コンタクト抵抗が劣化するという問題があった。

【0007】

そこで、本発明は、上記従来技術の問題点に鑑みて成されたものであり、その目的は、高温保管に耐え、かつ動作時にも接触抵抗が劣化することのない窒化物半導体装置のオーム性電極を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の第 1 の態様では、窒化物半導体を有する窒化物半導体装置のオーム性電極構造において、窒化物半導体上に形成された第 1 の金属膜と、第 1 の金属膜上に形成された第 2 の金属膜とを有し、第 1 の金属膜は、 V 、 Mo 、 Ti 、 Nb 、 W 、 Fe 、 Hf 、 Re 、 Ta 、 Zr から成るグループの中から選ばれた少なくとも一つの材料で構成され、第 2 の金属膜は、第 1 の金属膜と異なる、 V 、 Mo 、 Ti 、 Nb 、 W 、 Fe 、 Hf 、 Re 、 Ta 、 Zr 、 Pt 、 Au から成るグループの中から選ばれた少なくとも一つの材料で構成されている。

【0009】

前記窒化物半導体は、 GaN 、 AlN 、 InN 及びその混合物を主成分とする半導体であることが好ましい。

【0010】

前記第 1 の金属膜と前記窒化物半導体の間には、 Si 層が形成されていることが好ましい。この Si 層は、前記窒化物半導体に対して n 型ドーパントとして作用する。

また、本発明の第 2 の態様では、窒化物半導体を有する窒化物半導体装置のオーム性電極構造において、窒化物半導体上に形成された第 1 の金属膜と、第 1 の金属膜上に形成された第 2 の金属膜と、第 2 の金属膜上に形成された第 3 の金属膜とを有し、第 1 の金属膜

は、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zrから成るグループの中から選ばれた少なくとも一つの方法で構成され、第2の金属膜は、第1の金属膜と異なる、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Auから成るグループの中から選ばれた少なくとも一つの方法で構成され、第3の金属膜は、第2の金属膜と異なる、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Auから成るグループの中から選ばれた少なくとも一つの方法で構成されている。

【0011】

前記窒化物半導体は、GaN、AlN、InN及びその混合物を主成分とする半導体であることが好ましい。

【0012】

前記第1の金属膜と前記窒化物半導体の間には、Si層が形成されていることが好ましい。このSi層は、前記窒化物半導体に対してn型ドーパントとして作用する。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、窒化物半導体装置のオーム性電極は、Auの融点以上の融点を持つ金属のみで構成されており、1000℃以下では溶解しない。また、AlとTiが300℃付近の低温からゆっくり反応が進むのに対し、本発明の電極構造では、融点の低いAlを用いていないため合金化も進みにくく安定である。そのため、高温動作時においても低コンタクト抵抗を維持できるオーミック電極が得られる。

【0014】

このように、高温でも安定な電極構造を用いることで、実際に通電して電極付近の温度が高くなっても、低コンタクト抵抗を維持でき、優れた素子特性を実現することができる。特に、高出力素子では素子の温度が高くなるため、その効果は顕著である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0016】

(第1の実施の形態)

本発明の第1の実施の形態を図1に示す。図1は本発明の第1の実施の形態に係るオーム性電極を示す断面構造図である。

【0017】

本発明のオーム性電極は、GaN系半導体等の窒化物半導体101上に第1の金属膜102、第2の金属膜103を順次形成する。その後、500℃以上の熱処理を行うことで形成される。

【0018】

本実施の形態の窒化物半導体101は、例えば、GaN、AlN、InN及びその混合物を主成分とする半導体である。

【0019】

また、第1の金属膜102は、例えば、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zrのいずれか一つを含む金属膜である。

【0020】

また、第2の金属膜103は、例えば、第1の金属膜102と異なるV、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Auのいずれか一つを含む金属膜である。

【0021】

(実施例1)

本発明の第1の実施の形態の一実施例を示す。本発明のオーム性電極は、窒化物半導体101としてAlGaN(例えばAl組成比0.3)を用い、第1の金属膜102としてNb層(例えば膜厚30nm)を、第2の金属膜103としてAu層(例えば膜厚200nm)をスパッタ蒸着し、1000℃の熱処理を行うことにより作製される。

【0022】

このような電極構造とすることで、Nbの融点が2477℃と非常に高く、またAuの融点も1064℃と高いため、熱処理温度では溶解しない。また、合金化も進みにくく安定である。そのため、通電時に電極付近の温度が500℃まで上がっても3Ωmm以下の低コンタクト抵抗を実現できた。

【0023】

なお、本実施例では第1の金属膜102としてNbを用いたが、第1の金属膜102としてはV、Mo、Ti、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zrのいずれか一つを含む金属膜でもよく、もしくはSi、Nを混合しても良い。ただし、Siの混入比率によっては融点が低下する金属があるため、Siの混入比率は合金の融点が1000℃以上となる比率とすることが好ましい。

【0024】

また、第2の金属膜103としてNbを用いたが、第1の金属膜102と異なるV、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Auのいずれか一つを含む金属膜で代用することも可能である。

【0025】

また、本実施例では、第1の金属膜102としてのNb層の厚さを30nm、第2の金属膜103としてのAu層の厚さを200nmとしたが、Nb層、Au層の厚さは所望の厚さとすることができる。ただし、金属界面の凹凸の影響でAuが直接半導体と接触することを防ぐため、Nb層の厚さは10nm以上が好ましい。

【0026】

また、本実施例では、第1及び第2の金属膜102、103をスパッタ蒸着により形成したが、電子銃蒸着等の他の方法で積層することも可能である。

【0027】

更に、本実施例では、熱処理温度を1000℃としたが、熱処理温度は使用金属によって所望の温度とすることも可能である。但し、熱処理温度を高くするほうがコンタクト抵抗が低くなる傾向にあるため、800℃以上の熱処理を行うことが好ましい。また、熱処理の後、別途積層する場合は、目的に応じて、所望の金属を所望の厚さに積層することが可能である。

【0028】

(第2の実施の形態)

本発明の第2の実施の形態を図2に示す。図2は本発明の第2の実施の形態に係るオーム性電極を示す断面構造図である。

【0029】

本発明のオーム性電極は、GaN系半導体等の窒化物半導体201上に第1の金属膜202、第2の金属膜203及び第3の金属膜204を順次形成する。その後、500℃以上の熱処理を行うことで形成される。

【0030】

本実施の形態の窒化物半導体201は、例えば、GaN、AlN、InN及びその混合物を主成分とする半導体である。

【0031】

また、第1の金属膜202は、例えば、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zrのいずれか一つを含む金属膜である。

【0032】

また、第2の金属膜203は、例えば、第1の金属膜202と異なる、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Auのいずれか一つを含む金属膜である。

【0033】

また、第3の金属膜203は、例えば、第1の金属膜203と異なる、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Auのいずれか一つを含む金属膜で

ある。

【0034】

(実施例2)

本発明の実施の形態の一実施例を示す。本発明のオーム性電極は、窒化物半導体201としてAlGa_N（例えばAl組成比0.3）を用い、第1の金属膜202としてNb層（例えば膜厚30nm）、第2の金属膜203としてPt層（例えば膜厚35nm）、第3の金属膜204としてAu層（例えば膜厚200nm）をスパッタ蒸着し、1000℃の熱処理を行うことにより作製される。

【0035】

このような電極構造とすることで、Nbの融点が2477℃、Ptの融点が1768℃と非常に高く、またAuの融点も1064℃と高いため、熱処理温度では溶解しない。また、NbとAuの間にPtを挟むことで更に合金化が進みにくく安定である。そのため、通電時に電極付近の温度が500℃まで上がっても3Ωmm以下の低コンタクト抵抗を実現できた。

【0036】

なお、本実施例では、第1の金属膜202としてNbを用いたが、第1の金属膜202としてはV、Mo、Ti、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zrのいずれか一つを含む金属膜を用いてもよく、もしくはSi、Nを混合しても良い。ただし、Siの混入比率によっては融点が低下する金属があるため、Siの混入比率は合金の融点が1000℃以上となる比率とすることが好ましい。

【0037】

また、本実施例では、第2の金属膜203としてPtを用いたが、第1の金属膜202と異なる、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Auのいずれか一つを含む金属膜で代用することも可能である。

【0038】

また、第3の金属膜204としてAuを用いたが、第1の金属膜202と異なる、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Auのいずれか一つを含む金属膜で代用することも可能である。

【0039】

また、本実施例では、第1の金属膜202としてのNb層の厚さを30nm、第2の金属膜203としてのPt層の厚さを35nm、第3の金属膜204としてのAu層の厚さを200nmとしたが、Nb層、Au層の厚さは所望の厚さとすることができる。ただし、金属界面の凹凸の影響でAuが直接半導体と接触することを防ぐため、Nb層の厚さは10nm以上であることが好ましい。

【0040】

また、本実施例では、第1、第2及び第3の金属膜202、203、204をスパッタ蒸着により形成したが、電子銃蒸着等他の方法で積層することも可能である。

【0041】

更に、本実施例では、熱処理温度を1000℃としたが、熱処理温度は使用金属によって所望の温度とすることが可能である。但し、熱処理温度を高くするほうがコンタクト抵抗が低くなる傾向にあるため、800℃以上の熱処理を行うことが好ましい。

【0042】

また、熱処理の後、別途積層する場合は、目的に応じて、所望の金属を所望の厚さに積層することも可能である。

【0043】

(第3の実施の形態)

本発明の第3の実施の形態を図3に示す。図3は本発明の第3の実施の形態に係るオーム性電極を示す断面構造図である。

【0044】

本発明のオーム性電極は、Ga_N系半導体等の窒化物半導体301上にSi層302、

第1の金属膜303及び第2の金属膜304を順次形成する。その後、500℃以上の熱処理を行うことで形成される。

【0045】

本実施の形態の窒化物半導体301は、例えば、GaN、AlN、InN及びその混合物を主成分とする半導体である。

【0046】

また、第1の金属膜303は、例えばV、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zrのいずれか一つを含む金属膜である。

【0047】

また、第2の金属膜304は、例えば、第1の金属膜303と異なる、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Auのいずれか一つを含む金属膜である。

【0048】

(実施例3)

本発明の実施の形態の一実施例を示す。本発明のオーム性電極は、窒化物半導体301としてAlGa_{0.3}N（例えばAl組成比0.3）を用い、Si層302（例えば膜厚3nm）、第1の金属膜303としてNb層（例えば膜厚30nm）、第2の金属膜304としてAu層（例えば膜厚200nm）を電子銃蒸着し、1000℃の熱処理を行うことにより作製される。

【0049】

このような電極構造とすることで、Nbの融点が2477℃、Ptの融点が1768℃と非常に高く、またAuの融点も1064℃と高いため、熱処理温度では溶解しない。また、合金化が進みにくく安定である。更に、SiがAlGa_{0.3}Nに対しn型ドーパントとして働くため、よりいっそうの低コンタクト抵抗化が図れる。そのため、通電時に電極付近の温度が500℃まで上がっても2Ωmm以下の低コンタクト抵抗を実現できた。なお、本実施例では第1の金属膜303としてNbを用いたが、第1の金属膜としてはV、Mo、Ti、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zrのいずれか一つを含む金属膜を使用してもよく、もしくはSi、Nを混合しても良い。ただし、Siの混入比率によっては融点が低下する金属があるため、Siの混入比率は合金の融点が1000℃以上となる比率とすることが好ましい。

【0050】

また、第2の金属膜304としてAuを用いたが、第1の金属膜303と異なる、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Auのいずれか一つを含む金属膜で代用することも可能である。

【0051】

また、本実施例ではSi層302の厚さを3nm、第1の金属膜303としてのNb層の厚さを30nm、第2の金属層304としてのAu層の厚さを200nmとしたが、Si層、Nb層、Au層の厚さは所望の厚さとすることができる。ただし、金属界面の凹凸の影響でAuが直接半導体もしくはSiと接触することを防ぐため、Nb層の厚さは10nm以上が好ましい。また、Si層302が厚くなると、n型ドーパントとして使用されなかったSiが残り、Si自体の抵抗値が高いためコンタクト抵抗が悪化することから、Siの厚さは5nm以下が好ましい。

【0052】

また、本実施例では、第1及び第2の金属膜303、304を電子銃蒸着により形成したが、スパッタ蒸着等の方法で積層することも可能である。

【0053】

更に、本実施例では、熱処理温度を1000℃としたが、熱処理温度は使用金属によって所望の温度とすることが可能である。但し、熱処理温度を高くするほうがコンタクト抵抗が低くなる傾向にあるため、800℃以上の熱処理を行うことが好ましい。

【0054】

また、熱処理の後、別途積層する場合は、目的に応じて、所望の金属を所望の厚さに積層することも可能である。

【0055】

(他の実施の形態)

上記第2の実施の形態では、第1の金属膜202と窒化物半導体201の間にはSi層は形成されていないが(図2参照)、上記第3の実施の形態(図3参照)と同様に、第1の金属膜202と窒化物半導体201の間にSi層を形成しても良い。この場合、Si層は、窒化物半導体201に対してn型ドーパントとして作用する。

【図面の簡単な説明】

【0056】

【図1】 本発明の第1の実施の形態に係るオーム性電極を示す断面構造図である。

【図2】 本発明の第2の実施の形態に係るオーム性電極を示す断面構造図である。

【図3】 本発明の第3の実施の形態に係るオーム性電極を示す断面構造図である。

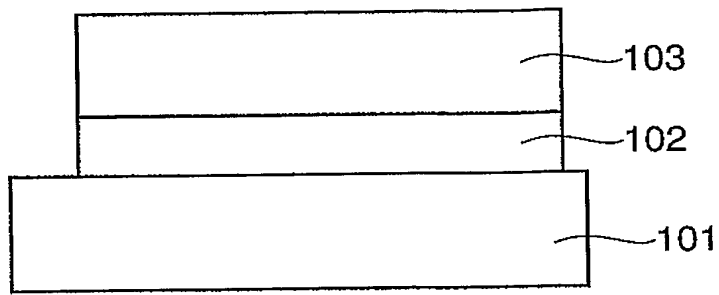
【符号の説明】

【0057】

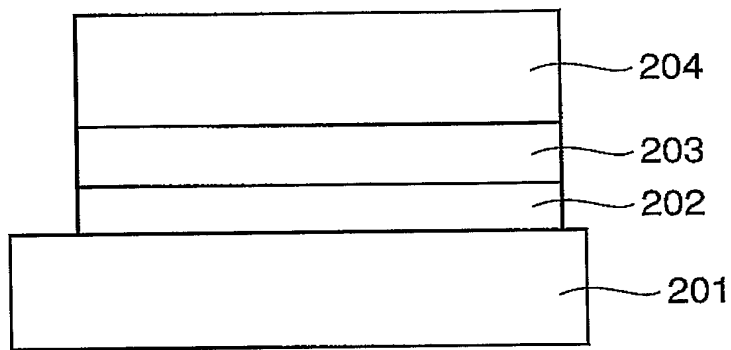
- 101 窒化物半導体
- 102 第1の金属膜
- 103 第2の金属膜
- 201 窒化物半導体
- 202 第1の金属膜
- 203 第2の金属膜
- 204 第3の金属膜
- 301 窒化物半導体
- 302 Si層
- 303 第1の金属膜
- 304 第2の金属膜

【書類名】 図面

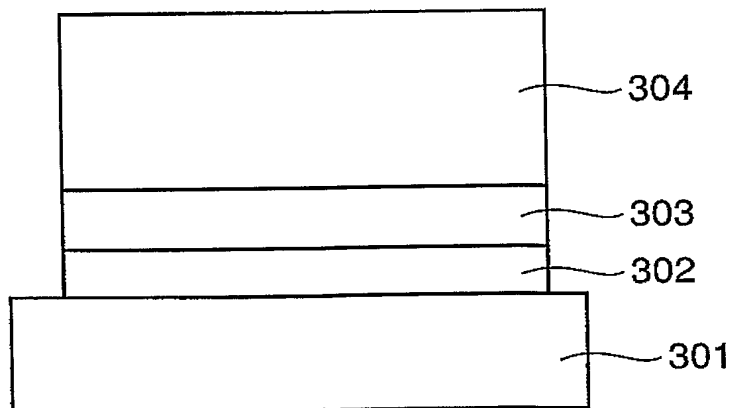
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高温保管に耐え、かつ動作時にも接触抵抗が劣化することのない窒化物半導体装置のオーム性電極を提供する。

【解決手段】 窒化物半導体 101 を有する窒化物半導体装置のオーム性電極構造であって、窒化物半導体 101 上に形成された第 1 の金属膜 102 と、第 1 の金属膜 102 上に形成された第 2 の金属膜 103 とを有する。第 1 の金属膜 102 は、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr から成るグループの中から選ばれた少なくとも一つの材料で構成されている。第 2 の金属膜 103 は、第 1 の金属膜 102 と異なる、V、Mo、Ti、Nb、W、Fe、Hf、Re、Ta、Zr、Pt、Au から成るグループの中から選ばれた少なくとも一つの材料で構成されている。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 4 - 0 5 0 7 9 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 4 2 3 7]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目 7 番 1 号
氏 名	日本電気株式会社

特願 2 0 0 4 - 0 5 0 7 9 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 2 9 0]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号
氏 名	古河電気工業株式会社